A compact "plug and play" All-MMIC 1296 MHz transverter

by Enrique Laura, EA2SX

As an inhabitant of a mountainous place I very much enjoy microwave operation from hill tops. The places that I love are not always reachable by car and the "last mile" usually has to be made on foot. Therefore it is desirable to have a lightweight as possible microwave rig. These are the for reasons for designing and building the transverter described here.

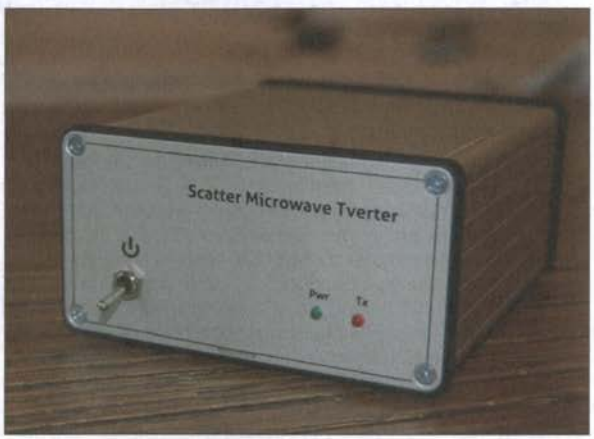

Fig. 1: 23cm Transverter

Design

MMICs have been widely used in order to simplify the design as 50 ohm inputs and outputs are guaranteed. Half a watt of tx output is just enough for hill-top QSOs, and moderate antenna gain and a <2.2 dB noise figure is all you need for a good receiver with good protection against overload and intermodulation. Remember that noise figures under 1 dB simply do not make sense for terrestrial communications as mother nature already generates that amount of noise. Nothing prevents you to connecting the transverter to a high power amplifier and low noise pre-amplifier for moonbounce if that is what you want. All modes of modulation are supported. For the local oscillator a classic FET oscillator plus multiplier chain was adopted instead of the more glamorous PLL design. There are two reasons for this decision: Phase noise and simplicity. Nothing equals the phase noise performance of a crystal oscillator and on the other hand the PLL would require some expensive parts and a microcontroller to load the PLL registers. A PLL is great when you want to have different IFs at the turn of a switch but that is not the case in this application. RF and IF change over are built-in so that no extra components have to be added in order to make the transverter work. Hence it's "plug and play" definition.

Building

The transverter is built on two boards. One for the local oscillator and another one for the converter unit. The local oscillator is enclosed in a tinplate shielding box measuring 100 x 60 x 23 mm. The converter board is installed above it as can be seen in fig. 2. The converter board includes the RF Vox detector, power switching and antenna relay. The whole block is mounted into an aluminum enclosure 103 x 53 x 120 mm as depicted in fig. 1.

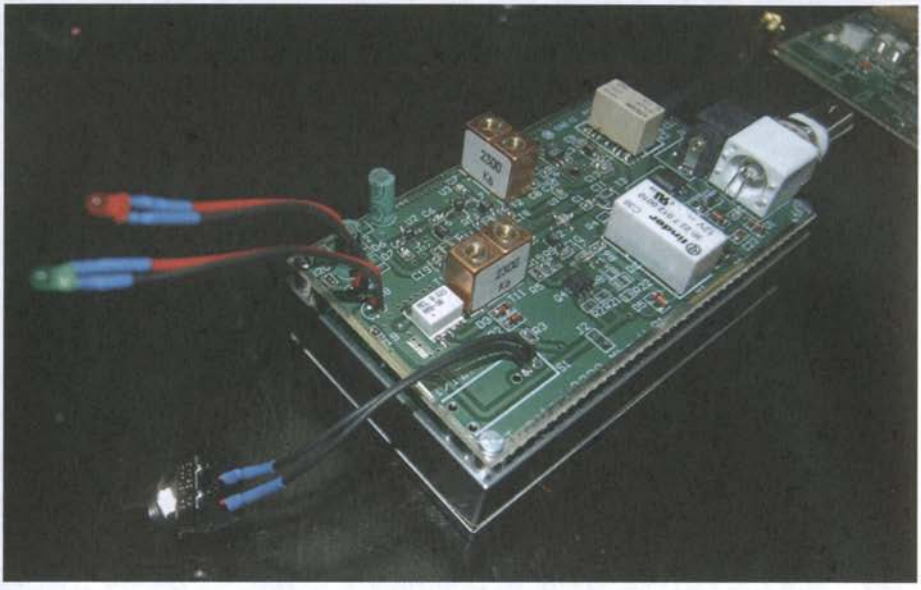

Fig. 2: Complete transverter block

Description of Modules

Local Oscillator

In fig. 3 the local oscillator board can be seen. Fig. 4 shows the circuit diagram. As mentioned before, it is a classic design. Nothing new under the sun! A well proven 96 MHz FET oscillator is followed by a multiplier chain that multiplies by 3, then by 2 and finally by 2 again. Approximately 10 dBm of LO can be expected at the output with all spurious being -40 dBc. This local oscillator is also used for a similar 2.3 GHz transverter. For the 23 cm transverter the last multiplier is simply not fitted.

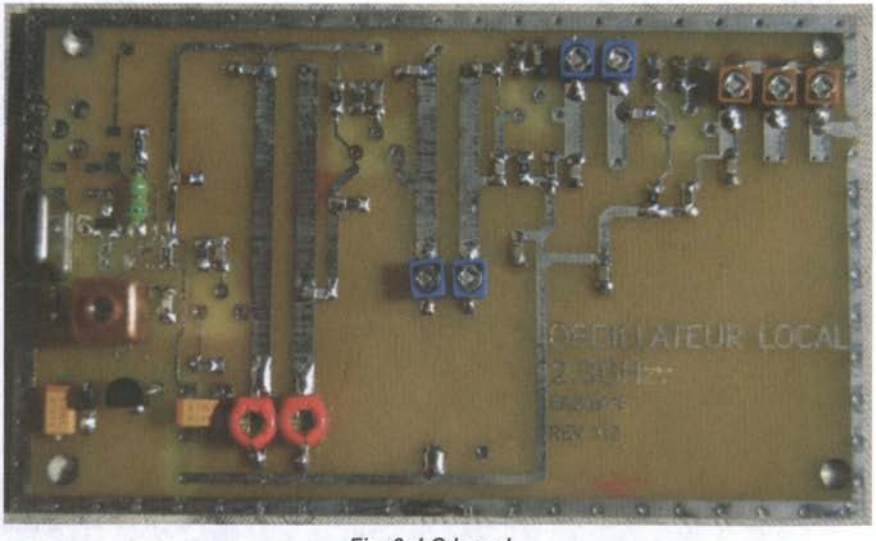

Fig. 3: LO board

For frequency stability some kind of temperature control is recommended. The crystal heaters ("riscaldatori") sold by rfmicrowave.it (I2FHW) are especially well suited for this application.

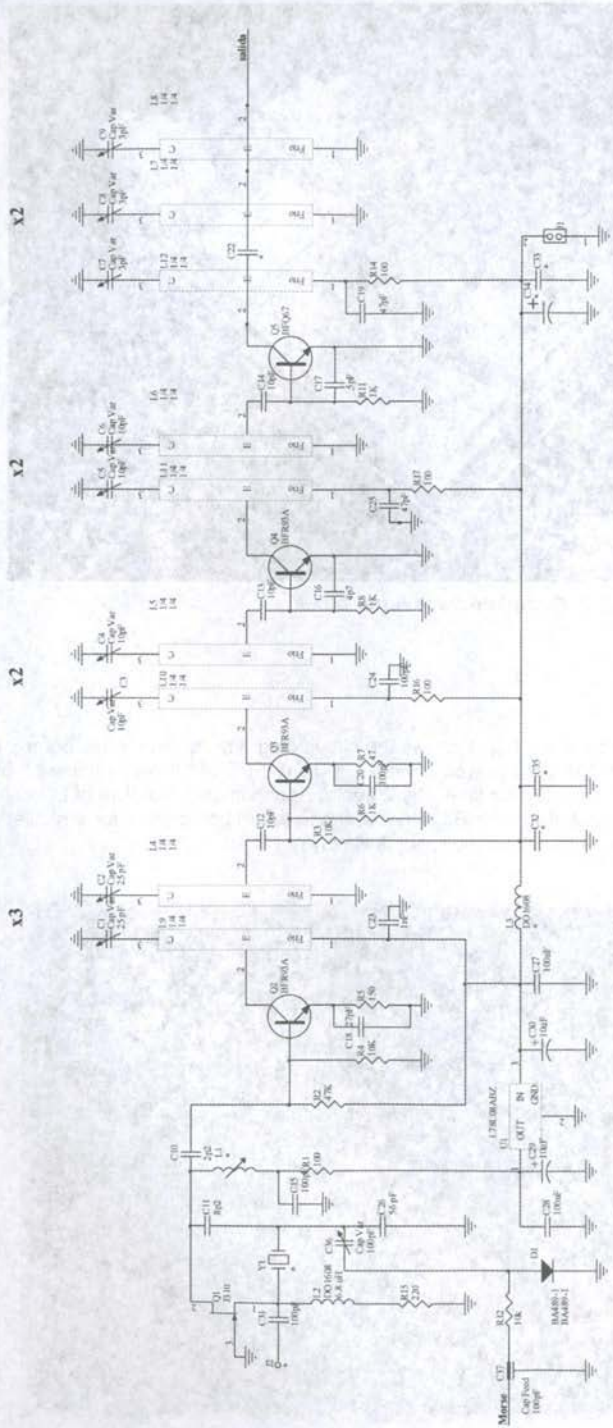

Fig. 4: LO and multipliers - circuit diagram

Converter

As announced in the title, most of the active elements in the converter are MMICs. Fig. 5 shows the schematics. In the Rx path an INA 01286 is used as a preamplifier.

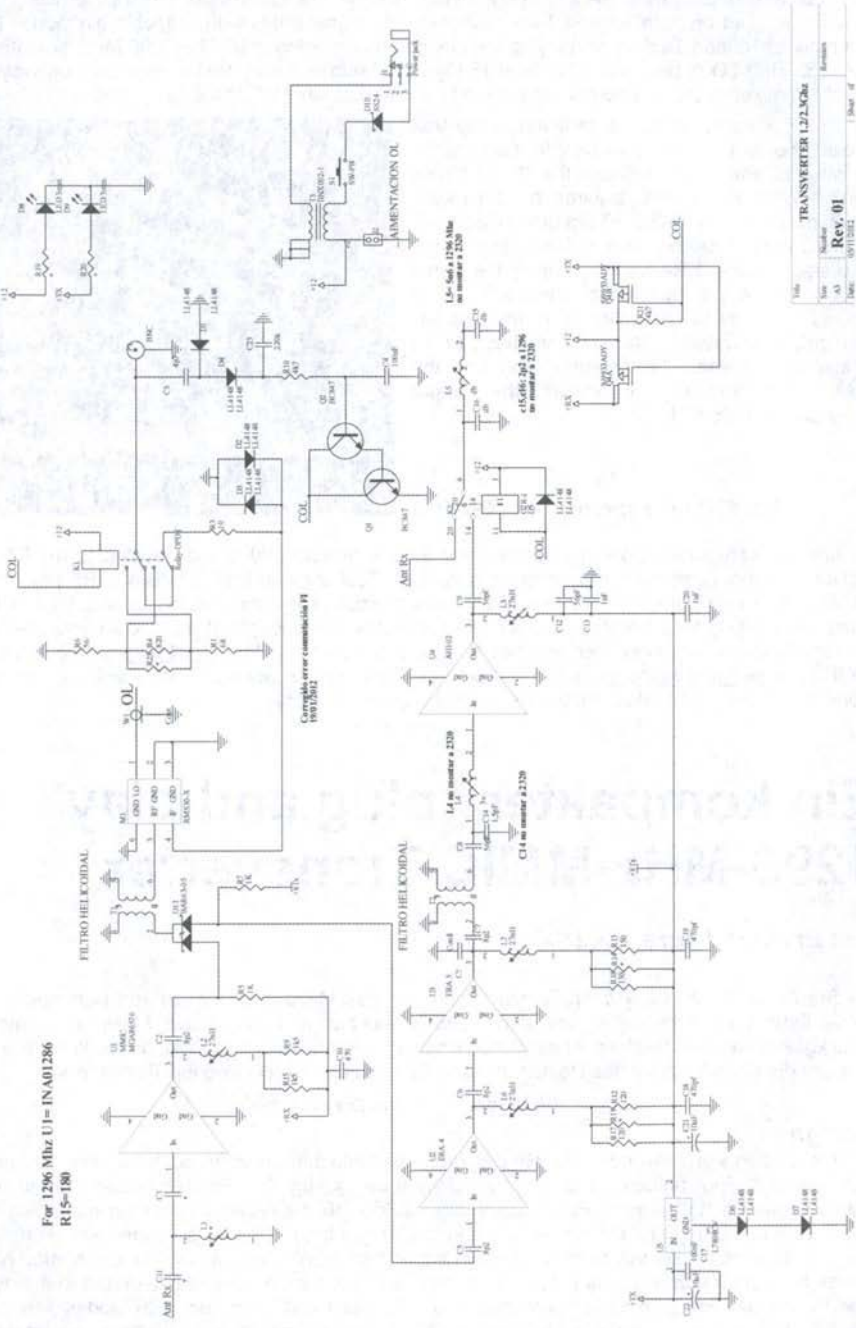

Fig. 5: Tx/Rx converter – circuit diagram

The manufacturer claims some 26 dB gain and a noise figure under 3 dB, which is good enough to overcome the losses in both the helical filter and the ring mixer and still have an extra gain of some 15 dB. The signal from the antenna is passed through a low pass filter and after the RF relay a high pass filter prevents overloading from neighbouring cellular and TV transmissions. The helical filter following the amplifier is used on both Rx and Tx by switching the signal paths with a double pin diode. The mixer is common for Rx and Tx thus simplifying the design and reducing cost. The 1296 MHz signal is mixed with the 1152 MHz LO to produce a 144 MHz IF signal. A couple of antiparallel diodes are connected to the IF pin of the mixer to prevent burnout of the mixer when excessive RF power is applied.

When RF is detected by the radiofrequency Vox circuit, the transverter switches to transmit. A resistive pi attenuator reduces the IF Tx power from 1 W to the 1 mW required by the mixer, which mixes the 144 MHz IF signal with the 1152 MHz LO to produce the desired 1296 MHz signal. Two stages using ERA MMICs amplify the signal so as to drive the final stage which will deliver around 500 mW to the antenna. Harmonics will be highly attenuated by the low pass filter, which is inserted between the antenna relay and the SMA connector. Fig. 6 shows the output spectrum on 1296 MHz.

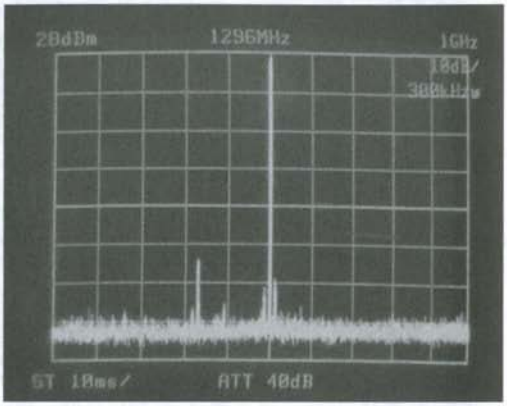

Fig. 6: Output spectrum on 1296 MHz

Results are very satisfactory. The transverter weighs around 500 g and coupled to my FT817 driver it makes a perfect combination for portable purposes. Test showed that -20 dBm of RF power are needed 10 MHz from nominal frequency to feel any kind of desensitisation. Frequency stability is OK assuming some pre-heating time before operation. Five minutes are enough. If you would you like to have any further info about the transverter, feel free to contact the author at kronotek11@gmail.com or contact Max, EA7FGJ at ea7fgj@yahoo.es whom I would like to thank for his unbounded enthusiasm, support and friendship. Some more info is on the web at www.transverters.net .

Ein kompakter "plug and play" 1296-MHz-MMIC-Transverter

von Enrique Laura, EA2SX

Als Bewohner einer bergreichen Region macht mir das Mikrowellenfunken von Berggipfeln viel Spass. Diese Orte sind nicht immer mit dem Auto erreichbar und die „letzte Meile" muß meist zu Fuß zurückgelegt werden. Deshalb ist es wünschenswert, eine Station zu haben, die so leicht wie möglich ist. Das war die Grundlage für das Design und den Bau des hier beschriebenen Transverters.

Abb. 1: 23-cm-Transverter

Design

MMICs werden viel verwendet, um ein Design zu vereinfachen, werden doch 50 Ohm Ein- und Ausgang sichergestellt. Ein halbes Watt Output ist gerade genug für Portabelbetrieb, wenn man etwas Antennengewinn hat und die Rauschzahl von <2.2dB ist ausreichend für einen guten RX und Schutz gegen Übersteuerung und die nötige IM-Unterdrückung. Man rufe sich ins Bewusstsein zurück, dass eine NF < 1 dB einfach keinen Sinn bei terrestrischer Kommunikation macht, da die Mutter Natur bereits dieses Rauschen von sich aus liefert. Wenn man will, kann man aber selbstverständlich einen LNA und eine PA an diesem Transverter betreiben und z.B. damit EME machen. Alle Modes können betrieben werden. Für den LO wird ein klassischer FET-Oszillator mit Multiplikatorkette eingesetzt und kein „glamouröses" PLL-Design. Dafür gibt es zwei Gründe: Phasenrauschen und Einfachheit. Nichts kommt

der Leistung beim Phasenrauschen einem Quarzoszillator nahe und bei einer PLL werden andererseits auch noch teure Teile und ein Mikrokontroller benötigt, um das PLL-Register zu laden. Eine PLL-Lösung ist großartig, wenn man verschiedene ZFs schalten können will, aber das ist in unserem Fall nicht so. Eine HF- und ZF-Umschaltung ist im bereits Design eingebaut, so dass keine weiteren Teile benötigt werden, um diesen Transverter zu betreiben. Deshalb „Plug and Play".

Aufbau

Der Transverter wurde auf zwei Platinen gebaut: Eine für den LO und eine weitere für die Konverter-Einheit. Der LO wird in ein kleines, abschirmendes Blechgehäuse (100x60x23mm) eingebaut. Das Konverter-Board wird dort oben drauf montiert, siehe Abb. 2. Auf dem Konverter-Board befinden sich auch der HF-VOX-Detektor, Antennenrelais und Umschaltung. Die ganze Einheit wird in ein Alu-Gehäuse mit den Abmessungen 103 mm x 53 mm x 120 mm eingebaut, wie in Abb. 1 zu sehen ist.

Abb. 2: Der fertige Transverter-Block

Beschreibung der Module

Lokaloszillator

Abb. 3 zeigt die LO-Platine, Abb. 4 das Schaltbild. Wie erwähnt, handelt es sich um ein klassiches Design, das nicht neu erfunden werden musste. Einem bewährten 96-MHz-FET-Oszillator folgt eine Multiplikatorkette, die x 3, dann x 2 und nochmals x 2 multipliziert. Am Ausgang kann ein ca. 10dBm LO-Signal erwartet werden. Alle Nebenaussendungen sind besser als 40 dB unterdrückt. Dieser LO wird nicht nur für den hier vorgestellten 23-cm-Transverter verwendet, sondern auch noch für eine 13-cm-Version. Für 23cm wird die letzte Multiplikatorstufe einfach nicht bestückt.

Abb. 3: LO-Platine ***Abb. 4: LO und Vervielfacher - Schaltbild***

Für die Frequenzstabilität wird eine Form der Temperaturstabilisierung empfohlen. Die Quarzheizer ("riscaldatori") von I2FHW (RFmicrowave.it) sind dafür gut geeignet.

Konverter

Wie im Titel erwähnt, werden als aktive Komponenten im Konverter MMICs eingesetzt. Abb. 5 zeigt das Schaltbild. Im RX-Pfad wird ein INA 01286 als RX-Vorverstärker eingesetzt.

Abb. 5: Tx/Rx-Konverter-Schaltbild

Der Hersteller gibt dafür 26 dB Verstärkung und eine NF <3B an, was gut genug ist, um die Verluste in Helixfilter und Ringmischern auszugleichen und immer noch ca. 15dB verbleibende Verstärkung zu haben. Das Signal von der Antenne durchläuft ein Tiefpassfilter und nach dem HF-Relais verhindert ein Hochpassfilter eine Übersteuerung durch benachbarte Mobilfunk- und TV-Sender. Das Helixfilter nach dem Verstärker wird im Rx- und Tx-Pfad eingesetzt und mittels einer Doppel-PIN-Diode umgeschaltet.
Der Mischer wird für den Rx und Tx eingesetzt und vereinfacht damit das Design und senkt die Kosten. Das 1296-MHz-Signal wird mit den 1152 MHz gemischt und erzeugt das 144-MHz-ZF-Signal. Einige antiparallele Dioden am ZF-Eingang des Mischers verhindern, dass dieser zerstört wird, wenn zuviel HF zugeführt werden sollte.

Wenn die HF-VOX HF detektiert, schaltet der Transverter auf TX. Ein resistiver Pi-Abschwächer passt die ZF-TX-Leistung von 1 Watt auf die vom Mischer benötigten 1 mW an, der das anliegende 144-MHz-ZF-Signal mit dem 1152-MHz-Signal zu den erwünschten 1296 MHz mischt. Ein zweistufiger Verstärker aus ERA MMICs bringt das Signal auf den nötigen Pegel, um die Endstufe anzusteuern, die ca. 500mW an die Antenne liefert. Harmonische werden stark durch das Tiefpassfilter, das sich zwischen Antennenrelais und SMA-Buchse befindet, abgesenkt. Abb. 6 zeigt das Ausgangsspektrum auf 1296 MHz.

Abb. 6: Ausgangsspektrum auf 1296 MHz

Die Ergebisse sind sehr zufriedenstellend. Der Transverter wiegt ca. 500g und zusammen mit meinem FT-817 ist es eine perfekte Kombination für Portabel-Einsatz. Bei einem Test konnte festgestellt werden, dass -20dBm HF-Leistung in 10 MHz Abstand von der Nominalfrequenz nötig sind, um irgendeine Empfindlichkeitsherabsetzung feststellen zu können. Die Frequenzstabilität is o.k., sofern man etwas „vorheizt", etwa 5 Minuten sind gerade genug. Für Fragen und weitere Infos kann der Autor unter kronotek11@gmail.com oder Max, EA7FGJ unter ea7fgj@yahoo.es kontaktiert werden. EA7FGJ danke ich für seinen ungebrochenen Enthusiasmus und seine Unterstützung. Webinfos: www.transverters.net